Aus dem Anatomischen Institut der Freien Universität Berlin
Leiter: Professor Dr. med. H.-J. Merker

QUANTITATIVE UNTERSUCHUNGEN DER NEUROGLIA IN DEN Nn. COCHLEARES DER RATTE NACH KLINGELBESCHALLUNG

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Rehm, Klaus-Dieter
aus Greifswald

1977

Aus dem Anatomischen Institut der Freien Universität Berlin
Leiter: Professor Dr. med. H.-J. Merker

QUANTITATIVE UNTERSUCHUNGEN DER NEUROGLIA IN DEN Nn. COCHLEARES DER RATTE NACH KLINGELBESCHALLUNG

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Rehm, Klaus-Dieter
aus Greifswald

Referent: Professor Dr. med. E. Wüstenfeld
Korreferent: Professor Dr. med. H.-J. Merker

Promoviert am: 9. Juni 1977

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

Meinen Eltern in Dankbarkeit

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549607_0002

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	EINLEITUNG	1
II.	TOPOGRAPHIE, HISTOLOGIE UND FUNKTION DES MEDULLÄREN ACUSTICUSKOMPLEX DER RATTE	3
III.	MATERIAL UND METHODE	6
	1. Beschallungstechnischer Teil	6
	2. Präparatorischer Teil	6
	3. Auswertung der Schnitte	7
IV.	BEFUNDE	8
	1. 30 Minuten Beschallung	8
	2. 1 Stunde Beschallung	10
	3. 2 Stunden Beschallung	11
	4. 4 Stunden Beschallung	13
	5. 8 Stunden Beschallung	14
	6. 24 Stunden Beschallung	16
	7. 190 Stunden Beschallung	17
V.	DISKUSSION	19
VI.	ZUSAMMENFASSUNG	24
VII.	Tabellen, Diagramme, Abbildungen	25
VIII.	LITERATURVERZEICHNIS	I - VII

I. EINLEITUNG

1925 stellte JACOBJ erstmals in volumetrischen Untersuchungen an menschlichen Zellkernen fest, daß die Zellkerngröße sich in Abhängigkeit von adäquaten und inadäquaten Reizen ändert. Er legte damit den Grundstein für eine Reihe von Untersuchungen durch CLARA (1930) und HERTWIG (1931), die sich beide mit dem Problem der Zellreaktion auf verschiedene Reizintensitäten befaßten. 1950 stellte BENNINGHOFF im Rahmen eigener Untersuchungen fest, daß bestimmte Organsysteme auf funktionelle Reize mit einer Vergrößerung Ihrer Zellkerne reagieren können und prägte den Ausdruck "funktionelle Kernschwellung".

Diese Erkenntnisse legten MERKLE (1954), NEUBERT (1954/55), BECK (1955), WÜSTENFELD und HALBFAS (1965), GLEISS (1967) und G. und H. KALLENBACH (1969) ihren Forschungen über das Funktionsgeschehen des akustischen Komplexes und der Hörbahn zugrunde. WÜSTENFELD (1957) konnte nachweisen, daß die Kernvolumenvergrößerungen der inneren und äußeren Haarzellen in Abhängigkeit von Dauer, Intensität und Frequenz des einwirkenden Tones stehen. KULENKAMPFF und WÜSTENFELD (1954) zeigten, daß bei Belastung von Ganglienzellen im Vorderhorn des Rückenmarks eine Größenzunahme der Satellitenzellkerne und eine Steigerung der Gliazellzahl (Satelliten) festzustellen ist.

Auf dieser Erkenntnis basiert die Arbeit von KOLB (1971), die sich mit der Neuroglia des medullären Akustikuskomplexes befaßte und feststellte, daß jeder Ton eine für ihn adäquate Vermehrung der Satelliten hervorruft, wobei höhere Frequenzen eine größere Zuwachsrate bedingen.

Für die obere Olive konnte WILHELM (1973) den Anstieg der Satellitenzahl nach Beschallung bestätigen. Im Gegensatz zum medullären Akustikuskomplex stellte er jedoch keine Abhängigkeit der Erhöhung der Satellitenzahl von Frequenz und Tondauer fest.

Während die oben zitierten Ergebnisse aus Untersuchungen an Meerschweinchen resultieren, soll in der vorliegenden Arbeit untersucht werden, ob im medullären Akustikuskomplex der Ratte unter Beschallung

1. eine Änderung der Satellitenzahl erfolgt und
2. sich rechter und linker Akustikuskomplex unterschiedlich verhalten.

II. TOPOGRAPHIE, HISTOLOGIE UND FUNKTION DES MEDULLÄREN AKUSTIKUSKOMPLEX DER RATTE

Der medulläre Akustikuskomplex ist neben der Unterscheidung zwischen rechtem und linkem Komplex auf jeder Seite in den Nucleus cochlearis dorsalis und Nucleus cochlearis ventralis zu unterteilen. Der Nucleus cochlearis dorsalis liegt am dorsolateralen Rand der Medulla oblongata dem Corpus restiforme kappenförmig auf. Somit liegt er auf gleicher Höhe wie der Nucleus nervi facialis, reicht aber caudal nicht so weit wie dieser und endet oral noch vor dessen rostralem Pol. Der ventrale Cochleariskern liegt weiter vorn als der dorsale. Sein caudaler Pol liegt etwa in Höhe des mittleren Abschnittes des Nucleus nervi facialis. Oralwärts endet er in Höhe des Vorderrandes der oberen Olive. Die Substantia gliosa cochlearis grenzt den Kern dorsal vom Nucleus cochlearis dorsalis ab.

Der Nucleus cochlearis dorsalis der Ratte zeigt keine Dreischichtung wie sie durch GLEISS (1967) beim Meerschweinchen beschrieben wird. Er fand eine periphere Schicht mit Körnerzellen und eingestreuten Ganglien, eine mittlere Ganglienzellschicht mit zahlreichen multipolaren, aber auch vereinzelten spindelförmigen wie pyramidenzellähnlichen Ganglien und eine innere Faserschicht mit sehr vielen parallel laufenden, markhaltigen Fasern. Trotzdem ist bei der Ratte eine zellarme, schmale Außenzone von einer darunterliegenden breiteren, zellreichen Schicht abzugrenzen. In der Außenzone sind kleine bis mittelgroße rundlich-ovale Zellen mit einem großen Kern zu finden. Der Kern wird von einem feinen Protoplasmasaum umgeben, der eine feinkörnige Nissl-Substanz besitzt. In der folgenden Schicht treten zu dieser Zellart noch größere viel-

eckige, dreieckige und pyramidenförmige Zellen hinzu. Das Protoplasma zeichnet sich häufig durch gröbere Nissl-Granula aus und ist des öfteren sehr stark mit Nissl-Schollen gefüllt. Die Struktur des Nucleus cochlearis ventralis ist in ihrer ganzen Ausdehnung unverändert. Es imponiert eine gleichmäßige, lockere Verteilung der großen bis mittelgroßen Zellen. Ihre Gestalt ist unterschiedlich, doch überwiegen die ovalen Zellen. Die Nissl-Substanz ist feinstaubig.

Zusätzlich zu den Neuronen enthält das Nervensystem drei Typen von Gliazellen:
1. die Astrocyten, 2. die Oligodendrocyten und 3. die Hortega-Gliazellen. Welche der drei Zellformen als Gliasatellit zu bezeichnen ist, ist umstritten. 1950 ordnet NIESSING in seiner Arbeit über Zellreaktionen bei Narkose die Satelliten den Astrocyten zu. Zwei Jahre später sieht er die Hortegazellen als Satelliten an. KULENKAMPFF (1952), BUCHER (1970) und WATZKA (1974) bezeichnen die Oligodendrocyten als eigentliche Satellitenzellen. 1955 von KREBEK durchgeführte morphologische und histochemische Untersuchungen ergaben, daß alle Gliazellformen Satellitenpositionen einnehmen können.

Im Bezug auf seine funktionelle Bedeutung stellt der medulläre Akustikuskomplex eine wichtige Schaltstelle im Verlauf der zentralen Hörbahn dar. In ihm enden die Axone der im Ganglion spirale lokalisierten Zellkörper, deren afferente Neurone sich um die Haarzellen des Cortischen Organs verzweigen GANONG (1972).

Von den Cochlearis-Kernen verlaufen sowohl gekreuzte wie ungekreuzte Verbindungen zu den Colliculi inferiores, den Zentren der akustischen Reflexe und weiter über die Corpora geniculata medialia des Thalamus zur Hörrinde. (Abb. I)

Neben dieser sogenannten "spezifischen" Hörbahn läuft als Parallelschleife ein Teil der akustischen Information auch über das Stammhirn und die Formatio reticularis. Diese "unspezifische" Bahn erfüllt eine Schutzfunktion, indem sie die auf dem spezifischen Weg zur Hirnrinde laufende akustische Information so modifiziert, daß nur ein Teil aller Schallreize zu bewußten Hörempfindungen verarbeitet wird. So wird eine Überschwemmung des Sensoriums mit unwichtiger Detailinformation vermieden KEIDEL (1975).

III. MATERIAL UND METHODE

1. Beschallungstechnischer Teil

Die Versuche wurden an ca. 8 Wochen alten weiblichen Ratten durchgeführt, deren durchschnittliches Gewicht 250 Gramm betrug. Von diesen Tieren wurden 14 einer unterschiedlich langen Klingelbeschallung ausgesetzt. Der Frequenzumfang der Klingel betrug 100-20 000 Hz bei einer konstanten Schallstärke von 98 db. Als Beschallungszeit wählten wir 30 Min., 1 Std., 2 Std., 4 Std., 8 Std., 24 Std. und einen Dauerversuch, in dem die Ratten innerhalb von 42 Tagen insgesamt 190 Stunden beschallt wurden. Unbeschallte Tiere dienten zur Kontrolle (Leerversuch). Die Beschallungsversuche wurden freundlicherweise im Physiologischen Institut der Freien Universität Berlin durchgeführt.

2. Präparatorischer Teil

Unmittelbar nach Beschallungsende wurden die Tiere dekapitiert. Nach Freilegung des Hirnstammes wurden die Präparate in das CARNOY'sche Gemisch überführt. Hierdurch gelang die Fixation bei minimalen postmortalen Veränderungen der zu untersuchenden Gewebsstücke (ROMEIS 1948).

Nach üblicher histologischer Aufarbeitung mit 100 % Alkohol und Terpineol und Einbettung des Präparates in einen Paraffinblock, fertigten wir Serienschnitte von 10 µm Dicke an. Diese wurden nach Entparaffinierung mit Xylol mit Hämalaun-Eosin angefärbt.

3. Auswertung der Schnitte

In Übereinstimmung mit GLEISS (1967), KOLB (1971) und ELBEN (1973) unterteilten wir den medullären Akustikuskomplex in craniocaudaler Richtung beidseitig in einen cranialen, medialen und caudalen Abschnitt (Abbildung II, III u. IV). Um möglichst differenzierte Ergebnisse zu erhalten, nahmen wir noch eine zusätzliche Dreiteilung der einzelnen Abschnitte vor, so daß sich insgesamt neun Zählgebiete ergaben:

cranial: Sektor I, Sektor II, Sektor III
medial: Sektor I, Sektor II, Sektor III
caudal: Sektor I, Sektor II, Sektor III

Zur Auswertung gelangten in jedem der Abschnitte, verteilt auf die einzelnen Sektoren, 250 Nervenzellen. Insgesamt wurden somit 12 000 Ganglienzellen auf die Anzahl ihrer Satelliten hin untersucht. Hierbei zählten wir nur diejenigen Gliazellen zu den Satelliten, deren Abstand vom Ganglienzellkern nicht größer als 7-9 um war. Dieser Abstand entspricht dem Durchmesser eines Nervenzellkernes (GLEISS 1967 und H. KALLENBACH 1969).

Um zu statistisch gesicherten Aussagen über Satellitenzahlveränderungen zu gelangen, machten wir nach Mittelwert- und Standardabweichungsbestimmung den t-Test. Mit Hilfe dieses Testes gelang es signifikante Unterschiede zwischen zwei Untersuchungsergebnissen zu ermitteln. Hierbei wird eine zwischen den Mittelwerten zweier Meßreihen gefundene Differenz dann als nicht zufällig angesehen, wenn sie größer ist als die dreifache mittlere Abweichung der Einzelmessungen von dem betreffenden Mittelwert ("Drei-Sigma-Regel").

IV. BEFUNDE

1. 30 Minuten Beschallung:

a. linker Akustikuskomplex

Schon nach einer Beschallungszeit von nur 30 Minuten kann ein deutlicher Anstieg der Satellitenzellzahl um 47,7 % (cranial), 31,6 % (medial) und 39,7 % (caudal) gegenüber dem Leerversuch festgestellt werden. Das bedeutet einen Anstieg der durchschnittlichen Gliazellzahl cranial von 0,628 auf 0,928, medial von 0,644 auf 0,848 und caudal von 0,624 auf 0,872 (Tab. 7). Für die einzelnen Sektoren ergeben sich folgende Werte für die Zunahme der durchschnittlichen Satellitenzellzahl: cranial im Sektor I von 0,566 auf 0,920, im Sektor II von 0,651 auf 1,012, im Sektor III von 0,655 auf 0,940. Medial nimmt die durchschnittliche Satellitenzahl im Sektor I von 0,566 auf 0,795, im Sektor II von 0,690 auf 0,905 und im Sektor III von 0,675 auf 0,843 zu. Im caudalen Abschnitt steigt die durchschnittliche Satellitenzellzahl im Sektor I von 0,667 auf 0,872, im Sektor II von 0,638 auf 0,855 und im Sektor III von 0,566 auf 0,867 (Tab. 3).

b. rechter Akustikuskomplex

In den ersten 30 Minuten der Beschallung nimmt die durchschnittliche Satellitenzahl pro Ganglienzelle cranial von 0,608 auf 0,912 (+50 %), medial von 0,624 auf 0,844 (+35,2 %) und caudal von 0,629 auf 0,920 (+46,1 %) zu (Tab. 8). Ähnliche Ergebnisse ergeben sich bei der Betrachtung der einzelnen Sektoren. Hier steigt die Gliazellzahl pro Gang-

lienzelle cranial im Sektor I von 0,626 auf 0,891, im Sektor II von 0,638 auf 0,940 und von 0,583 auf 0,917 im Sektor III. In der gleichen Sektorenfolge nimmt die durchschnittliche Satellitenzahl im medialen Abschnitt von 0,590 auf 0,807, von 0,619 auf 0,881, von 0,663 auf 0,843 und caudal von 0,690 auf 0,893, von 0,626 auf 0,940 und von 0,566 auf 0,916 zu (Tab. 4).

c. Signifikanz-Untersuchung

Beim unbeschallten Tier lassen sich zwischen linkem und rechtem Akustikuskomplex keine signifikanten Unterschiede nachweisen. Für den t-Test ergeben sich Werte von 0,3248 (cranial), 0,3025 (medial) und 0,0941 (caudal) (Tab. 9,10,11). Eine 30-minütige Beschallung ändert an dieser Tatsache nichts. In gleicher Reihenfolge ereben sich folgende Zahlen: 0,2260, 0,0582 bzw. 0,7230 (Tab. 9,10,11). Im Gegensatz hierzu stehen die Ergebnisse beim Vergleich der Werte des unbeschallten Tieres mit denen des 30 Minuten beschallten. Hier ist der Unterschied in allen Bezirken des linken und rechten Akustikuskomplex als signifikant zu bezeichnen. Der t-Test ergibt Werte von caudal 3,9249 links (4,7755 rechts), medial 2,9812 links (3,3187 rechts) und cranial 4,4176 links (4,8110 rechts) (Tab. 12).

2. 1 Stunde Beschallung:

a. linker Akustikuskomplex

Nach einstündiger Beschallung nimmt die Satellitenzahl weiter zu. Cranial um 30 %, medial um 47,2 % und caudal um 42,9 % gegenüber der 30 Minuten beschallten Ratte. Dies ist gleichbedeutend mit einem Anstieg der durchschnittlichen Satellitenzahl pro Ganglienzelle cranial auf 1,116, medial auf 1,152 und caudal auf 1,140 (Tab. 7). In den einzelnen Sektoren erhöht sich die durchschnittliche Gliazallzahl cranial im Sektor I auf 1,140, im Sektor II auf 1,205 und im Sektor III auf 1,167; im medialen Abschnitt in den Sektoren I, II und III auf 1,096, 1,202 und 1,169. Caudal steigt der Satellitenzahldurchschnitt im Sektor I auf 1,083, im Sektor II auf 1,181 und im Sektor III auf 1,084 (Tab. 3).

b. rechter Akustikuskomplex

Auch im rechten Akustikuskomplex erfolgt nach einstündiger Beschallung ein weiterer Anstieg der durchschnittlichen Gliazellzahl pro Ganglienzelle cranial auf 1,140 (+37,5 %), medial auf 1,160 (+50,6 %) und caudal auf 1,076 (+24,8 %) (Tab. 8). Hierbei erhöht sich der Satellitenzahldurchschnitt in den einzelnen Sektoren cranial auf 1,060 (Sektor I), 1,157 (Sektor II) und auf 1,131 (Sektor III). In der obigen Reihenfolge steigt die durchschnittliche Satellitenzellzahl in den Sektoren des medialen Abschnittes auf 1,144, 1,178 und 1,157 bzw. 1,024, 1,096 und 1,108 im caudalen Abschnitt (Tab. 4).

c. Signifikanz-Untersuchung

Nach einstündiger Beschallung kann kein signifikanter Unterschied zwischen linkem und rechtem Akustikuskomplex festgestellt werden. 0,0000 (cranial), 0,0971 (medial) und 0,4995 (caudal) sind die Werte, die sich im t-Test ergeben (Tab. 9,10,11). Im Gegensatz hierzu steht die deutliche Signifikanz, die sich bei dem Vergleich der Werte der eine Stunde lang beschallten Ratte mit denen des 30 Minuten lang beschallten Tieres zeigen: caudal links 3,3436 bzw. 2,1050 rechts und in gleicher Reihenfolge medial 3,8990 und 4,2980; cranial 2,8568 und 2,9084 (Tab. 12).

3. 2 Stunden Beschallung

a. linker Akustikuskomplex

Nach zweistündiger Beschallung fällt die durchschnittliche Satellitenzahl leicht ab. Cranial verringert sie sich um 8,3 % auf 1,064, medial um 13 % auf 1,068 und caudal um 14,3 % auf 1,052 Satelliten pro Ganglienzelle (Tab. 7). In den einzelnen Sektoren ist ein ähnliches Verhalten festzustellen. Hier sinkt der Satellitenzahldurchschnitt cranial im Sektor I auf 1,012, im Sektor II auf 1,131 und im Sektor III auf 1,071. In den beiden anderen Abschnitten fällt die durchschnittliche Gliazellzahl in der obigen Sektorenfolge auf 1,048, 1,095, 1,048 medial und 1,024, 1,072, 1,036 caudal (Tab. 3).

b. rechter Akustikuskomplex

Im Gegensatz zum linken erhöht sich im rechten Akustikuskomplex die durchschnittliche Satellitenzahl im caudalen Abschnitt um 1,3 % auf 1,084. Im cranialen und medialen Abschnitt fällt der Satellitenzahldurchschnitt ebenso wie im linken Akustikuskomplex leicht ab. Cranial um 11,9 % auf 1,068 und medial um 14,7 % auf 1,068 (Tab. 8). In den einzelnen Sektoren des caudalen Ab schnittes steigt die durchschnittliche Gliazellzahl auf 1,048 im Sektor I auf 1,132 im Sektor II an. Eine Ausnahme bildet der Sektor II. Hier verringert sich die Satellitenzahl von 1,108 auf 1,060 im Durchschnitt. Ein einheitliches Verhalten zeigen die Sektoren des cranialen und medialen Abschnittes. Der Satellitenzahldurchschnitt fällt cranial auf 1,048 (Sektor I), 1,096 (Sektor II) und 1,059 (Sektor III). Medial verringern sich die Satelliten auf 1,024 (Sektor I), 1,131 (Sektor II) und 1,060 (Sektor III) Satelliten pro Ganglienzelle im Durchschnitt (Tab. 4).

c. Signifikanz-Untersuchung

Wie schon in den ersten drei Untersuchungen ist der Unterschied zwischen linkem und rechtem Akustikuskomplex auch nach zweistündiger Beschallung nicht signifikant. Der t-Test ergibt folgende Werte: 0,0501 (cranial), 0,0000 (medial) und 0,4087 (caudal) (Tab. 9,10,11). Im Gegensatz zum signifikanten Anstieg innerhalb der ersten Stunde ist der Abfall der Satellitenzellzahl nach weistündiger Beschallung nicht als signifikant zu bezeichnen. Dies gilt auch für den leichten Anstieg des Satellitenzahldurchschnittes im caudalen Abschnitt des rechten Akustikuskomplexes. Aus dem t-Test ergeben sich folgende Werte: caudal 0,8192 links und 0,0997 rechts, medial 1,0638 links und 1,1332 rechts, cranial 0,9540 links und 0,8704 rechts (Tab. 12).

4. 4 Stunden Beschallung

a. linker Akustikuskomplex

Nach vierstündiger Beschallung ist in allen drei Abschnitten erneut ein leichter Anstieg des Satellitenzahldurchschnittes zu verzeichnen. Die Zuwachsrate beträgt cranial 5,1 %, medial 9,9 % und caudal 1,3 %. Hierbei wird eine durchschnittliche Satellitenzahl von cranial 1,096, medial 1,132 und caudal 1,060 erreicht (Tab. 7). Für die einzelnen Sektoren bedeutet dieses einen Anstieg des Gliazahldurchschnittes in den Sektoren I-III des cranialen Abschnittes auf 1,036, 1,072 und 1,155 Satelliten pro Nervenzelle. Im medialen Abschnitt steigt die durchschnittliche Satellitenzahl im Sektor I auf 1,060, im Sektor II auf 1,131 und im Sektor III auf 1,181. In der obigen Sektorenfolge wächst der Satellitenzahldurchschnitt im caudalen Abschnitt auf 1,071, 1,060 und 1,012 (Tab. 3).

b. rechter Akustikuskomplex

Ein ähnliches Verhalten wie im linken ist auch im rechten Akustikuskomplex festzustellen. Die durchschnittliche Satellitenzahl erreicht cranial einen Wert von 1,104 (+5,9 %) und medial von 1,132 (+10,3 %). Eine Ausnahme bildet der caudale Abschnitt. Hier sinkt die Gliazellzahl um 3,2 % auf 1,064 (Tab. 8). Der Satellitenzahldurchschnitt verhält sich in den einzelnen Sektoren etwas anders. Im cranialen Sektor I steigt er auf 1,084, im Sektor II bleibt er unverändert bei 1,096 und caudal nimmt er auf 1,107 zu. Medial ist im Sektor I ein Anstieg auf 1,108, im Sektor II ein Absinken auf 1,107 und caudal ein Anstieg auf 1,169 festzustellen. Im Sektor I des caudalen Abschnittes steigt der

Gliazellzahldurchschnitt auf 1,19, im Sektor II fällt er auf 1,036 und im Sektor III sinkt er auf 1,036 (Tab. 4).

c. Signifikanz-Untersuchung

Zwischen linkem und rechtem Akustikuskomplex läßt sich bei Werten von cranial 0,1036, medial 0,0000 und caudal von 0,0555 aus dem t-Test kein signifikanter Unterschied feststellen (Tab. 9,10,11). Dieses trifft auch für den Vergleich mit den Werten des zwei Stunden lang beschallten Tieres zu. Mit aus dem t-Test gewonnenen Werten von links (rechts) caudal 0,1045 (0,2705), medial 0,8554 (0,8060) und cranial 0,4081 (0,4577) liegen auch hier keine signifikanten Unterschiede vor (Tab. 12).

5. 8 Stunden Beschallung:

a. linker Akustikuskomplex

Nach achtstündiger Beschallung ist eine deutliche Abnahme der Satellitenzahl zu erkennen. Cranial sinkt sie um 40,2 % auf 0,844, medial um 42,2 % auf 0,860 und caudal um 25,6 % auf 0,900 Gliazellen pro Ganglienzelle im Durchschnitt (Tab. 7). In den einzelnen Sektoren ist ein ähnliches Verhalten festzustellen. In der Reihenfolge Sektor I, II und III fällt der Satellitenzahldurchschnitt cranial auf 0,843, 0,831 und 0,857; medial auf 0,843, 0,845 und 0,892; caudal auf 0,869, 0,879 und 0,952 (Tab. 3).

b. rechter Akustikuskomplex

Ein entsprechendes Verhalten zeigt der rechte Akustikuskomplex. Cranial fällt der Satellitenzahldurchschnitt auf 0,852 (-41,4 %), medial auf 0,848 (-45,6 %) und caudal auf 0,876 (-29,9 %) Gliazellen pro Ganglienzelle (Tab. 8). Dieses Verhalten setzt sich in den Sektoren fort, wobei die durchschnittliche Satellitenzahl cranial im Sektor I auf 0,831, im Sektor II auf 0,855, im Sektor III auf 0,879 und in gleicher Sektorenfolge auf 0,819, 0,857, 0,867 medial bzw. 0,845, 0,891, 0,891 caudal abfällt (Tab. 4).

c. Signifikanz-Untersuchung

Auch nach achtstündiger Beschallung ist zwischen linkem und rechtem Akustikuskomplex kein signifikanter Unterschied zu erkennen. Der t-Test ergibt Werte von cranial 0,12346, medial 0,1855 und caudal 0,3425 (Tab. 9, 10, 11). Im Gegensatz hierzu ist die Abnahme der durchschnittlichen Satellitenzahl nach achtstündiger Reizdauer als signifikant zu bezeichnen. Im Vergleich mit den Werten der vier Stunden lang beschallten Ratte ergibt der t-Test hierbei Werte von links (rechts) caudal 2,1890 (2,7260), medial 3,8013 (3,9193) und cranial von 3,6144 (3,4887) (Tab. 12).

6. 24 Stunden Beschallung

a. linker Akustikuskomplex

Die durchschnittliche Satellitenzahl fällt nach vierundzwanzigstündiger Beschallung weiter geringfügig ab. Sie verringert sich cranial um 3,8 %, medial um 4,4 % und caudal um 12,2 %. Hierbei wird cranial ein Satellitendurchschnitt von 0,820, medial von 0,832 und caudal von 0,824 erreicht (Tab. 7). Für die einzelnen Sektoren bedeutet dies eine Abnahme der Gliazellzahl cranial auf 0,807 (Sektor I), 0,819 (Sektor II) und 0,833 (Sektor III), medial auf 0,807 (Sektor I), 0,821 (Sektor II) und 0,867 (Sektor III), caudal auf 0,821 (Sektor I), 0,819 (Sektor II) und 0,831 (Sektor III) Satelliten pro Ganglienzelle (Tab. 3).

b. rechter Akustikuskomplex

Auch im rechten Akustikuskomplex kommt es zu einem Absinken des Gliazellzahldurchschnittes. Die Satellitenzahl verringert sich cranial um 3,8 % auf 0,829, medial um 1,9 % auf 0,836 und caudal um 8,2 % auf 0,824 Gliazellen pro Ganglienzelle im Durschnitt (Tab. 8). Dieses Verhalten ist mit Ausnahme des Sektors I des caudalen Abschnittes auch in den einzelnen Sektoren festzustellen. In den Sektoren I-III fällt der Satellitenzahldurchschnitt in dieser Reihenfolge cranial auf 0,819, 0,831, 0,845 und medial auf 0,807, 0,833, 0,855. In Sektor I des caudalen Abschnittes ist ein leichter Anstieg der durchschnittlichen Satellitenzahl auf 0,855 festzustellen. Im Sektor II fällt der Gliazelldurchschnitt auf 0,819 und im Sektor III auf 0,807 (Tab. 4).

c. Signifikanz-Untersuchung

Zwischen linkem und rechtem Akustikuskomplex bestehen keine signifikanten Unterschiede. Im t-Test werden Werte von cranial 0,1576, medial 0,0659 und caudal von 0,0000 gefunden (Tab. 9,10,11). Ebenso ist der Abfall des Gliadurchschnittes nicht als signifikant zu bezeichnen. Im Vergleich der beiden Versuchstiere (8 Std./24 Std.Beschallung) führt der t-Test zu folgenden Ergebnissen: caudal links (rechts) 1,2023 (0,8282), medial 0,4427 (0,1930) und cranial 0,4002 (0,3738) (Tab. 12).

7. 190 Stunden Beschallung:

a. linker Akustikuskomplex

Nach Dauerbeschallung verringert sich die durchschnittliche Satellitenzahl weiter, bleibt jedoch in allen Abschnitten und Sektoren deutlich über den Werten des Leerversuches. Cranial fällt der Gliazellzahldurchschnitt um 5,6 % auf 0,785, medial um 8 % auf 0,780 und caudal um 8,3 % auf 0,772 (Tab. 7). In den Sektoren ist ein ähnliches Verhalten der Gliazellen festzustellen. Mit einem Wert von 0,807 bleibt der Satellitenzahldurchschnitt im Sektor I des cranialen Abschnittes unverändert. In den anderen Sektoren fällt die Zahl der Satelliten pro Ganglienzelle auf 0,759 (Sektor II), 0,798 (Sektor III), medial auf 0,783 (Sektor I, 0,798 (Sektor II), 0,759 (Sektor III) und caudal auf 0,786 (Sektor I), 0,771 (Sektor II), 0,759 (Sektor III) (Tab. 3).

b. rechter Akustikuskomplex

Auch im rechten Akustikuskomplex fällt der Satelliten-durchschnitt bei Dauerbeschallung. Cranial um 10,7 % auf 0,764, medial um 10,4 % auf 0,771 und caudal um 7,7 % auf 0,776 (Tab. 8). Für die einzelnen Sektoren bedeutet dieses eine Verringerung der durchschnittlichen Satellitenzahl in der Reihenfolge Sektor I, II, III cranial auf 0,759, 0,747 und 0,786, medial auf 0,783, 0,774 und 0,759, caudal auf 0,774, 0,783 und 0,771 (Tab. 4).

c. Signifikanz-Untersuchung

Wie in den vorangegangenen Untersuchungen kann auch hier kein signifikanter Unterschied zwischen linkem und rechtem Akustikuskomplex gefunden werden. 0,3589 (cranial), 0,1567 (medial) und 0,0771 (caudal) sind die sich im t-Test ergebenden Werte (Tab. 9,10,11). Ebenso ist der Abfall der durchschnittlichen Satellitenzahl im Vergleich zum vierundzwanzig Stunden lang beschallten Tier nicht signifikant. Der t-Test erbringt Werte von caudal links (rechts) 0,9886 (0,8836, medial 0,9043 (1,0725) und cranial 0,6166 (1,1213) (Tab. 12).

V. DISKUSSION

In den Tabellen 1 - 8 sind die Ergebnisse unserer Untersuchungen am medullären Akustikuskomplex der Ratte zusammengefaßt. Hieraus geht hervor, daß jede Beschallung eine Zunahme der Satellitenzellzahl zur Folge hat. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von KOLB (1971) und BLASER (1973) konnten wir zeigen, daß in keinem Versuch die Zahlenwerte der Leerkontrolle unterschritten werden. Mit einem Satellitenzahldurchschnitt im Leerversuch von links 0,632 und rechts 0,620 liegen die Werte um 13,1 % links und 16,6 % rechts höher als im medullären Akustikuskomplex des Meerschweinchens.

Unter der Beschallung kommt es zu einer raschen Zunahme der Satellitenzellen, so daß die Höchstwerte bereits nach einer Beschallungszeit von einer Stunde erreicht werden. Die einzige Ausnahme bildet der caudale Abschnitt des rechten Akustikuskomplex, der seine höchste Satellitenzellzahl nach zweistündiger Beschallung erreicht. In dieser Zeit wird in allen Abschnitten ein Plateau erreicht, dessen Werte um maximal 4,5 % differieren. Nach einer Beschallungszeit von vier Stunden steigt die durchschnittliche Satellitenzahl mit einer Ausnahme (rechter Akustikuskomplex-caudaler Abschnitt) leicht an, um dann nach achtstündiger Versuchsdauer in allen Abschnitten deutlich abzufallen. Im weiteren Verlauf der Versuche bis hin zum dauerbeschallten Tier erfolgt eine langsame und kontinuierliche Verringerung der durchschnittlichen Satellitenzahl, deren Endwerte jedoch gegenüber dem unbeschallten Tier um mindestens

21,1 % höher liegen. In den einzelnen Abschnitten (cranial, medial, caudal) und Sektoren zeigt sich ein ähnliches Verhalten, wobei lediglich im caudalen Abschnitt des rechten Akustikuskomplexes einige Ausnahmen festzustellen sind.

Die Tabellen 1-8 und Diagramme I-IV lassen eine bestimmte Reaktionsweise der Neuroglia erkennen. Nach Reizsetzung erfolgt die Beantwortung dieser Zustandsänderung mit einer so schnellen Zunahme der Satellitenzellen, daß von einer "überschießenden" Reaktion gesprochen werden kann. Dieses Verhaltensmuster ist als "overshoot" aus der Physiologie bekannt und ist eine an allen erregbaren Geweben zu beobachtende Reaktionsweise. Hierbei ist vermutlich nicht der gesetzte Reiz (in diesem Fall die Beschallung) primär der Auslöser der raschen Satellitenzunahme, sondern vielmehr die gesteigerte Neuronenaktivität, die ihrerseits die "Leistungen" der Gliazellen so beansprucht, daß diese mit der vorhandenen Anzahl Satelliten nicht mehr bewältigt werden können.

Die nachfolgende Abnahme des Gliazelldurchschnittes kann als Adaptationsphase verstanden werden. An dieser Anpassung sind sowohl peripheres Ohr als auch zentrale Neurone beteiligt. Bei repetitiver Reizung mit "Klicks" zeigt sich, daß die Amplitude des Nervenaktionspotentials gegenüber dem Einzelreiz abnimmt (KLINKE, 1972). Ausdruck der Adaptation ist ein Anstieg der Hörschwelle (temporary threshold shift = TTS) (KLINKE, 1976). Den Anstieg der Satellitenzahl nach vier Stunden interpretiert WILHELM (1973) als den Versuch der Gliazellen, den Energiehaushalt der "erschöpften" Ganglienzellen zu unterstützen.

Nach achtstündiger Reizdauer kommt es zu einer signifikanten Verminderung der Satelliten. Dieser Effekt könnte aus der Formatio reticularis kommenden efferenten Fasern zugeschrieben werden, die an den Rezeptorzellen bzw. afferenten Fasern inserieren und so einen hemmenden Einfluß auf die afferente Aktivität ausüben (KLINKE, 1972). Durch den starken Reiz wird so massiv in einen Regelkreis eingegriffen, daß es zu einer negativen Rückkopplung kommt. WILHELM (1973) spricht von einer Schutzregulation, die den Dauerton aus dem Bewußtsein "ausblendet". Die folgende verminderte Neuronenaktivität die einer Regenerationsphase gleichkommt, ermöglicht gleichzeitig eine Abnahme der Satellitenzellzahl.

Bei den Änderungen in den Satellitenzahlen kann es sich nur um eine aktive Wanderung der Gliazellen handeln (KULENKAMPFF, 1952 und KULENKAMPFF und WÜSTENFELD, 1954). In Übereinstimmung mit KULENKAMPFF (1952) und WILHELM (1973) konnten auch wir keine Mitosen feststellen, so daß eine Neubildung von Gliazellen ausgeschlossen erscheint. Zudem kann der schnelle Anstieg der Satellitenzahlen innerhalb von 60 Minuten nicht mit den 30 - 180 Minuten Mitosedauer in Einklang gebracht werden, die FLEISCHHAUER (1968) je nach Gewebe für eine vollständige Zellteilung ermittelt hat. LUMSDEN und POMERAT (1951) gelang bei Versuchen mit Oligodendrocyten der Nachweis, daß Gliazellen zur aktiven Bewegung fähig sind. In die gleiche Richtung zielen die Untersuchungen von NIESSING (1950), der eine Zu- und Abnahme der Zellausläufer der Satelliten fand. WATZKA (1974) spricht sogar von einer amöboiden Beweglichkeit bestimmter Gliazellen.

Linker und rechter Akustikuskomplex verhalten sich unter der Beschallung gleich. Dies geht deutlich aus den Tabellen 9, 10 und 11 hervor, in denen die Werte für die einzelnen Signifikanztests aufgeführt sind. Schwankungen in der Satellitenzahl liegen im Rahmen der Tolleranzbreite. WILHELM (1973) macht hierfür Kopfbewegungen während der Beschallung verantwortlich.

Der Neuroglia wird eine Anzahl von Aufgaben zugesprochen. Sie fungiert als eigenes Stützgewebe des Zentralnervengewebes und grenzt die nervöse Substanz an allen Oberflächen und gegen die Gefäße ab (WATZKA, 1974). Durch lange Fortsätze stehen bestimmte Gliazellen einerseits mit den Kapillaren, andererseits mit den Nervenzellen in Verbindung. Da zudem das Gehirn relativ gering kapillarisiert ist, dienen die Satelliten offenbar als Vermittler zwischen Blutbahn und Parenchym (FRIEDE, 1953) und somit der Stoffleitung und Ernährung der Nervenzellen. NIESSING (1950) sah darüber hinaus durch eine An- oder Ablagerung von Zellfortsätzen in der Neuroglia einen Regulator des Nervenzellstoffwechsels. BUCHER (1970) hält es für wahrscheinlich, daß bestimmte Gliazellen das morphologische Substrat der "Blut-Hirn-Schranke" darstellen. Sie dienen so einer aktiven Kontrolle des Stoffaustausches mit dem zentralen Nervensystem. Zu den anabolen Aufgaben der Neuroglia wird die Bildung der Myelinscheiden der im Gehirn und Rückenmark verlaufenden markhaltigen Nervenfasern gerechnet (SCHMIDT, 1976). Zudem wird eine Eiweißsynthese zugunsten der Nervenzelle vermutet. Als Ort dieser Eiweißbildung werden die Granula in den Satelliten angesehen. Die Annahme von KULENKAMPFF (1952), es handele sich bei den Granula um

nukleinsäurereiche Zellprodukte nach Art der NISSL-Substanz, wurde 1955 von KRBEK in eigenen Untersuchungen an Gliasatelliten bestätigt, in denen er feststellte, daß die Granula aus zelleigener Ribonukleinsäure bestehen. Da somit die für die Eiweißsynthese notwendige RNS nachgewiesen war, könnte mit ZEIGER (1952) von einer "Fütterung" der Ganglienzelle durch den Satelliten gesprochen werden. In neuerer Zeit gewinnt die Beteiligung der Neuroglia an elektrophysiologischen Vorgängen an Bedeutung. Man vermutet, daß die Gliazellen, obwohl selbst nicht erregbar, in einem noch nicht festliegenden Ausmaß an der Aufrechterhaltung der extracellulären K^+-Konzentration beteiligt sind (SCHMIDT, 1976). Direkte elektrische und synaptische Wechselwirkungen zwischen Neuronen und Gliazellen können jedoch aufgrund fehlender Fortleitung neuronaler Membranströme durch Gliazellen ausgeschlossen werden.

VI. ZUSAMMENFASSUNG:

In sieben Versuchsreihen wurden 14 Ratten über eine Zeitdauer von 30 Minuten, 1, 2, 4, 8 und 24 Stunden, sowie als Dauerversuch 190 Stunden beschallt und mit unbeschallten Tieren verglichen. Als Schallquelle diente eine Klingel mit dem Frequenzumfang 100 - 20 000 Hz und einer Schallstärke von 98 db. In Serienschnitten wurden an 12 000 Ganglienzellen die Gliasatelliten des medullären Akustikuskomplex auf quantitative Änderungen hin untersucht.

Wir gelangten zu folgenden Ergebnissen:

1. Jede Beschallung des medullären Akustikuskomplex hat im Durchschnitt einen Anstieg der Gliazellzahl von 0,626 bis 1,32 Satelliten pro Ganglienzelle zur Folge.
2. Die Änderung der Satellitenzellzahl scheint in Abhängigkeit von der Nervenzellbelastung zu erfolgen.
3. Signifikante Unterschiede zwischen linkem und rechtem Akustikuskomplex sind vor und nach Beschallung nicht festzustellen.

	CRANIAL			MEDIAL			CAUDAL		
	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII
UNBESCHALLT	47	54	55	47	58	56	56	53	47
30 MIN.	67	84	79	66	76	70	75	71	72
1 STD.	87	100	98	91	101	97	91	98	90
2 STD.	84	95	90	88	92	87	86	89	86
4 STD.	86	89	97	88	95	98	90	88	84
8 STD.	70	69	72	70	71	74	73	73	79
24 STD.	67	68	70	67	69	72	69	68	69
190 STD.	67	63	67	65	67	63	66	64	63

TAB. 1:

LINKER ACUSTICUSKOMPLEX

ANZAHL DER SATELLITENZELLEN PRO 250 GANGLIENZELLEN, UNTERGLIEDERT NACH ABSCHNITTEN UND SEKTOREN

	CRANIAL			MEDIAL			CAUDAL		
	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII
UNBESCHALLT	52	53	49	49	52	55	58	52	47
30 MIN.	74	78	77	67	74	70	75	78	76
1 STD.	88	96	95	95	99	96	86	91	92
2 STD.	87	91	89	85	95	88	88	94	88
4 STD.	90	91	93	92	93	97	94	86	86
8 STD.	69	71	73	68	72	72	71	74	74
24 STD.	68	69	71	67	70	71	71	68	67
190 STD.	63	62	66	65	65	63	65	65	64

TAB. 2:
RECHTER ACUSTICUSKOMPLEX

ANZAHL DER SATELLITENZELLEN PRO 250 GANGLIENZELLEN, UNTERGLIEDERT NACH ABSCHNITTEN UND SEKTOREN

	CRANIAL			MEDIAL			CAUDAL		
	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII
UNBESCHALLT	0,5662	0,6506	0,6547	0,5662	0,6904	0,6746	0,6666	0,6385	0,5662
30 MIN.	0,9198	1,0120	0,9404	0,7951	0,9047	0,8433	0,8718	0,8554	0,8674
1 STD.	1,1398	1,2048	1,1666	1,0963	1,2023	1,1686	1,0833	1,1807	1,0843
2 STD.	1,0120	1,1309	1,0714	1,0476	1,0952	1,0481	1,0238	1,0722	1,0361
4 STD.	1,0361	1,0722	1,1547	1,0602	1,1309	1,1807	1,0714	1,0602	1,0120
8 STD.	0,8433	0,8313	0,8571	0,8433	0,8452	0,8915	0,8690	0,8795	0,9518
24 STD.	0,8072	0,8192	0,8333	0,8072	0,8214	0,8674	0,8214	0,8192	0,8313
190 STD.	0,8072	0,7590	0,7976	0,7831	0,7976	0,7590	0,7857	0,7710	0,7590

TAB. 3:

LINKER ACUSTICUSKOMPLEX

DURCHSCHNITTLICHE SATELLITENZAHL PRO GANGLIENZELLE

	CRANIAL			MEDIAL			CAUDAL		
	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII	SI	SII	SIII
UNBESCHALLT	0,6265	0,6385	0,5833	0,5903	0,6190	0,6626	0,6904	0,6265	0,5662
30 MIN.	0,8915	0,9397	0,9166	0,8072	0,8809	0,8433	0,8928	0,9397	0,9156
1 STD.	1,0602	1,1566	1,1309	1,1445	1,1785	1,1566	1,0238	1,0963	1,1084
2 STD.	1,0481	1,0963	1,0595	1,0240	1,1309	1,0602	1,0476	1,1325	1,0602
4 STD.	1,0843	1,0963	1,1071	1,1084	1,1071	1,1686	1,1190	1,0361	1,0361
8 STD.	0,8313	0,8554	0,8795	0,8192	0,8571	0,8674	0,8452	0,8915	0,8915
24 STD.	0,8192	0,8313	0,8452	0,8072	0,8333	0,8554	0,8554	0,8192	0,8072
190 STD.	0,7590	0,7469	0,7857	0,7831	0,7738	0,7590	0,7738	0,7831	0,7710

TAB. 4:

RECHTER ACUSTICUSKOMPLEX

DURCHSCHNITTLICHE SATELLITENZAHL PRO GANGLIENZELLE

	CRANIAL		MEDIAL		CAUDAL	
	ZAHL	%	ZAHL	%	ZAHL	%
UNBESCHALLT	156	100,0	161	100,0	156	100,0
30 MIN.	230	147,4	212	131,6	218	139,7
1 STD.	285	182,6	289	179,5	279	178,8
2 STD.	269	172,4	267	165,8	261	167,3
4 STD.	272	174,3	281	174,5	262	167,9
8 STD.	211	135,2	215	133,5	225	144,2
24 STD.	205	131,4	208	129,1	206	132,0
190 STD.	197	126,2	195	121,1	193	123,7

TAB. 5: GESAMMTZAHL DER SATELLITENZELLEN UND IHRE PROZENTUALE ÄNDERUNG GEGENÜBER DEM LEERVERSUCH

LINKER ACUSTICUSKOMPLEX

	CRANIAL		MEDIAL		CAUDAL	
	ZAHL	%	ZAHL	%	ZAHL	%
UNBESCHALLT	154	100,0	156	100,0	157	100,0
30 MIN.	229	148,7	211	135,2	229	145,8
1 STD.	279	181,1	290	185,8	269	171,3
2 STD.	267	173,3	268	171,7	270	171,9
4 STD.	274	177,9	282	180,7	266	169,4
8 STD.	213	138,3	212	135,8	219	139,4
24 STD.	208	135,0	208	133,3	206	131,2
190 STD.	191	124,0	193	123,7	194	123,5

TAB. 6: GESAMTZAHL DER SATELLITENZELLEN UND IHRE PROZENTUALE ÄNDERUNG GEGENÜBER DEM LEERVERSUCH

RECHTER ACUSTICUSKOMPLEX

	CRANIAL		MEDIAL		CAUDAL	
	ZAHL	%	ZAHL	%	ZAHL	%
UNBESCHALLT	0,6280	100,0	0,6440	100,0	0,6240	100,0
30 MIN.	0,9280	147,7	0,8480	131,6	0,8720	139,7
1 STD.	1,1160	177,7	1,1520	178,8	1,1400	182,6
2 STD.	1,0640	169,4	1,0680	165,8	1,0520	168,5
4 STD.	1,0960	174,5	1,1320	175,7	1,0600	169,8
8 STD.	0,8440	134,3	0,8600	133,5	0,9000	144.2
24 STD.	0,8200	130,5	0,8320	129,1	0,8240	132,0
190 STD.	0,7848	124,9	0,7800	121,1	0,7720	123,7

TAB. 7: LINKER ACUSTICUSKOMPLEX

DURCHSCHNITTLICHE SATELLITENZAHL PRO GANGLIENZELLE UND IHRE PROZENTUALE ÄNDERUNG GEGENÜBER DEM LEERVERSUCH

	CRANIAL		MEDIAL		CAUDAL	
	ZAHL	%	ZAHL	%	ZAHL	%
UNBESCHALLT	0,6080	100,0	0,6240	100,0	0,6294	100,0
30 MIN.	0,9123	150,0	0,8440	135,2	0,9200	146,1
1 STD.	1,1400	187,5	1,1600	185,8	1,0760	170,9
2 STD.	1,0680	175,6	1,0680	171,1	1,0840	172,2
4 STD.	1,1040	181,5	1,1320	181,4	1,0640	169,0
8 STD.	0,8520	140,1	0,8480	135,8	0,8760	139,1
24 STD.	0,8290	136,3	0,8360	133,9	0,8240	130,9
190 STD.	0,7640	125,6	0,7710	123,5	0,7760	123,2

TAB. 8: DURCHSCHNITTLICHE SATELLITENZAHL PRO GANGLIENZELLE UND IHRE PROZENTUALE ÄNDERUNG GEGENÜBER DEM LEERVERSUCH

RECHTER ACUSTICUSKOMPLEX

CRANIAL

		LINKS	RECHTS	T-TEST
UNBESCHALLT	M	0,6280	0,6080	0,3248
	S	0,7236	0,6511	
30 MIN.	M	0,9280	0,9123	0,2260
	S	0,7933	0,7591	
1 STD.	M	1,1400	1,1400	0,0000
	S	0,8645	0,9778	
2 STD.	M	1,0640	1,0680	0,0501
	S	0,9161	0,8685	
4 STD.	M	1,0960	1,1040	0,1036
	S	0,8352	0,8901	
8 STD.	M	0,8440	0,8520	0,1246
	S	0,7195	0,7156	
24 STD.	M	0,8200	0,8290	0,1576
	S	0,6173	0,6589	
190 STD.	M	0,7848	0,7640	0,3589
	S	0,6584	0,6371	

TAB. 9: SIGNIFIKANZTEST ZWISCHEN LINKEM UND RECHTEM ACUSTICUSKOMPLEX IM CRANIALEM ABSCHNITT

MEDIAL

		LINKS	RECHTS	T-TEST
UNBESCHALLT	M	0,6440	0,6240	0,3025
	S	0,7371	0,7408	
30 MIN.	M	0,8480	0,8440	0,0582
	S	0,7920	0,7415	
1 STD.	M	1,1520	1,1600	0,0971
	S	0,9447	0,8953	
2 STD.	M	1,0680	1,0680	0,0000
	S	0,8161	0,8731	
4 STD.	M	1,1320	1,1320	0,0000
	S	0,8564	0,9021	
8 STD.	M	0,8600	0,8480	0,1855
	S	0,7393	0,7063	
24 STD.	M	0,8320	0,8360	0,0659
	S	0,6734	0,6833	
190 STD.	M	0,7800	0,7710	0,1567
	S	0,6108	0,6718	

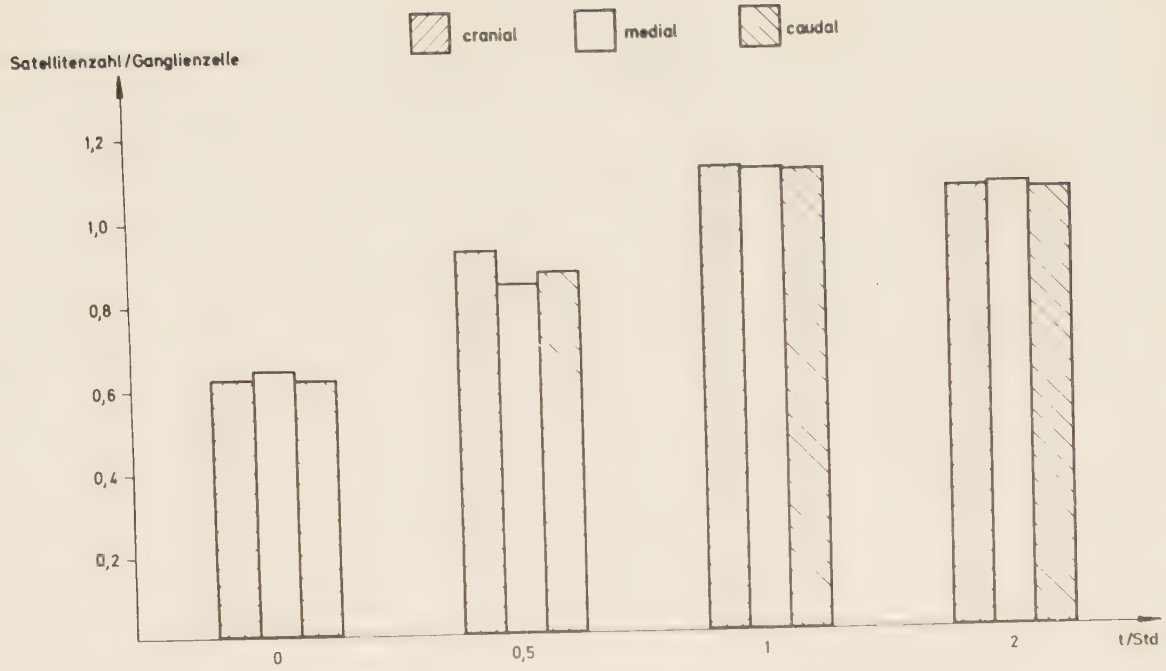
TAB. 10: SIGNIFIKANZTEST ZWISCHEN LINKEM UND RECHTEM ACUSTICUSKOMPLEX IM MEDIALEN ABSCHNITT

		CAUDAL		
		LINKS	RECHTS	T-TEST
UNBESCHALLT	M	0,6240	0,6294	0,0941
	S	0,6544	0,6278	
30 MIN.	M	0,8720	0,9200	0,7230
	S	0,7549	0,7291	
1 STD.	M	1,1160	1,0760	0,4995
	S	0,8726	0,9173	
2 STD.	M	1,0520	1,0840	0,4087
	S	0,8742	0,8763	
4 STD.	M	1,0600	1,0640	0,0555
	S	0,8361	0,7734	
8 STD.	M	0,9000	0,8760	0,3425
	S	0,7978	0,7687	
24 STD.	M	0,8240	0,8240	0,0000
	S	0,6020	0,6281	
190 STD.	M	0,7720	0,7760	0,0771
	S	0,5738	0,5858	

TAB. 11: SIGNIFIKANZTEST ZWISCHEN LINKEM UND RECHTEM ACUSTICUSKOMPLEX IM CAUDALEN ABSCHNITT

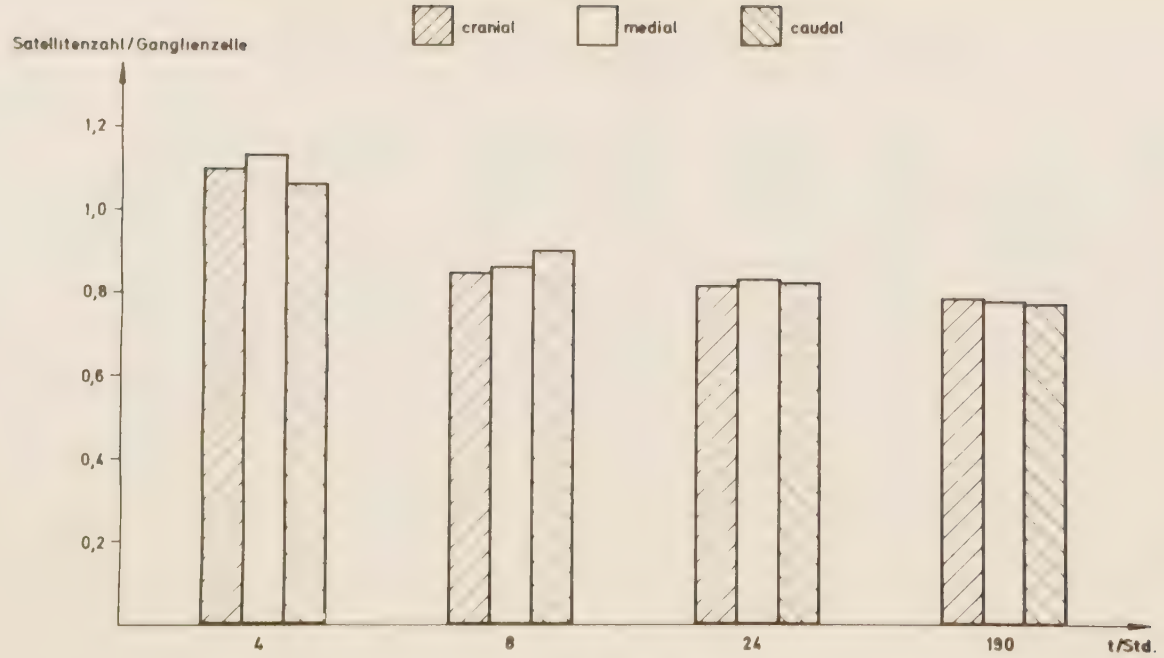
	CAUDAL		MEDIAL		CRANIAL	
	LINKS	RECHTS	LINKS	RECHTS	LINKS	RECHTS
UNBESCHALLT - 30 MIN.	3,9249	4,7755	2,9812	3,3187	4,4176	4,8110
30 MIN. - 1 STD.	3,3436	2,1050	3,8990	4,2980	2,8568	2,9084
1 STD. - 2 STD.	0,8192	0,0997	1,0638	1,1332	0,9540	0,8704
2 STD. - 4 STD.	0,1045	0,2705	0,8554	0,8060	0,4081	0,4577
4 STD. - 8 STD.	2,1890	2,7260	3,8013	3,9193	3,6144	3,4887
8 STD. -24 STD.	1,2023	0,8282	0,4427	0,1930	0,4002	0,3738
24 STD. -190 STD.	0,9886	0,8836	0,9043	1,0725	0,6166	1,1213

TAB. 12: SIGNIFIKANZTEST ZWISCHEN DEN EINZELNEN BESCHALLUNGS-ZEITEN IN DEN DREI ABSCHNITTEN DES ACUSTICUSKOMPLEXES



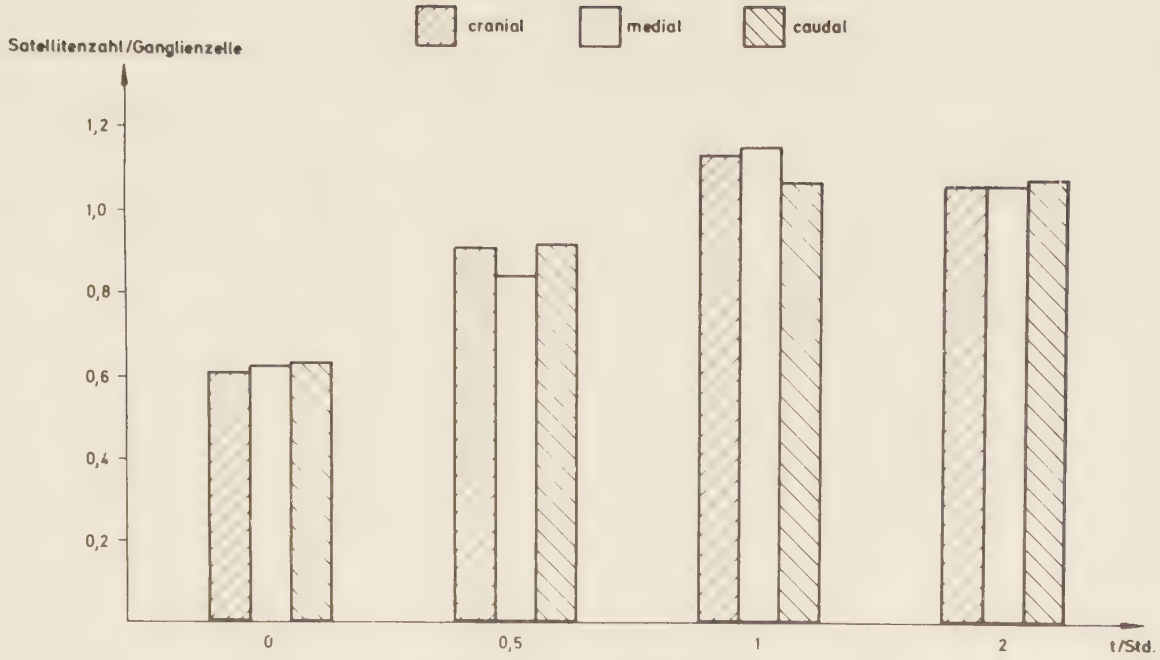
Durchschnittliche Satellitenzahl im
cranialen, medialen und caudialen Abschnitt des linken Acusticuskomplex

Diagramm I



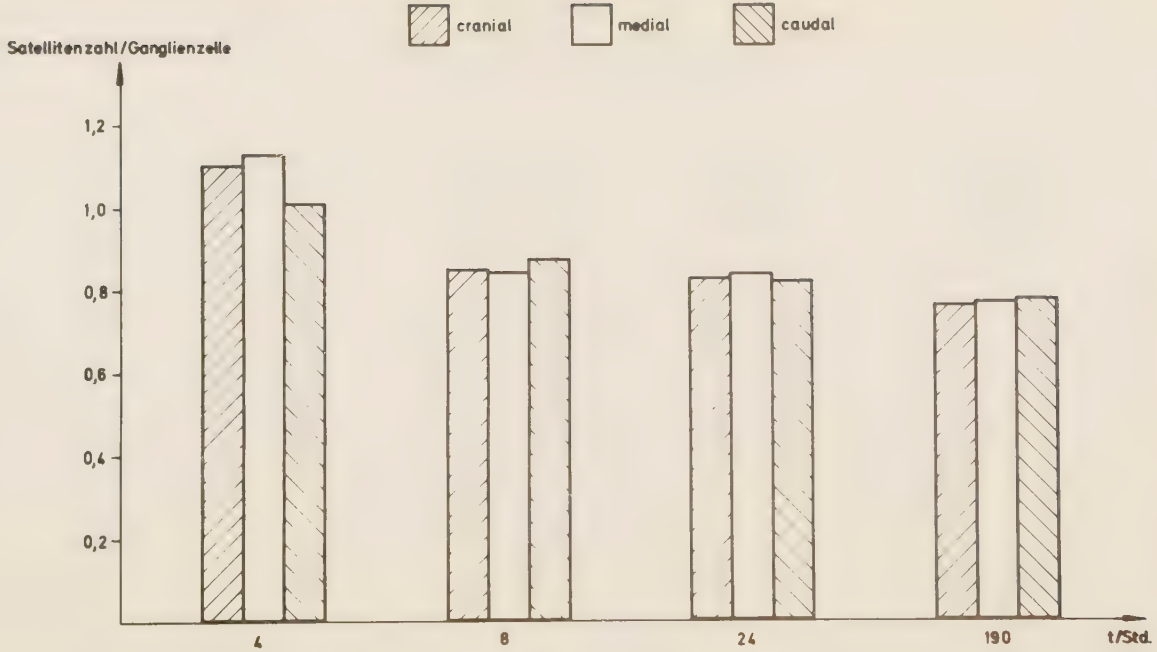
Durchschnittliche Satellitenzahl im
cranialen, medialen und caudialen Abschnitt des linken Acusticuskomplex

Diagramm II



Durchschnittliche Satellitenzahl im
cranialen, medialen und caudialen Abschnitt des rechten Acusticuskomplex

Diagramm III



Durchschnittliche Satellitenzahl im
cranialen, medialen und caudialen Abschnitt des rechten Acusticuskomplex

Diagramm IV

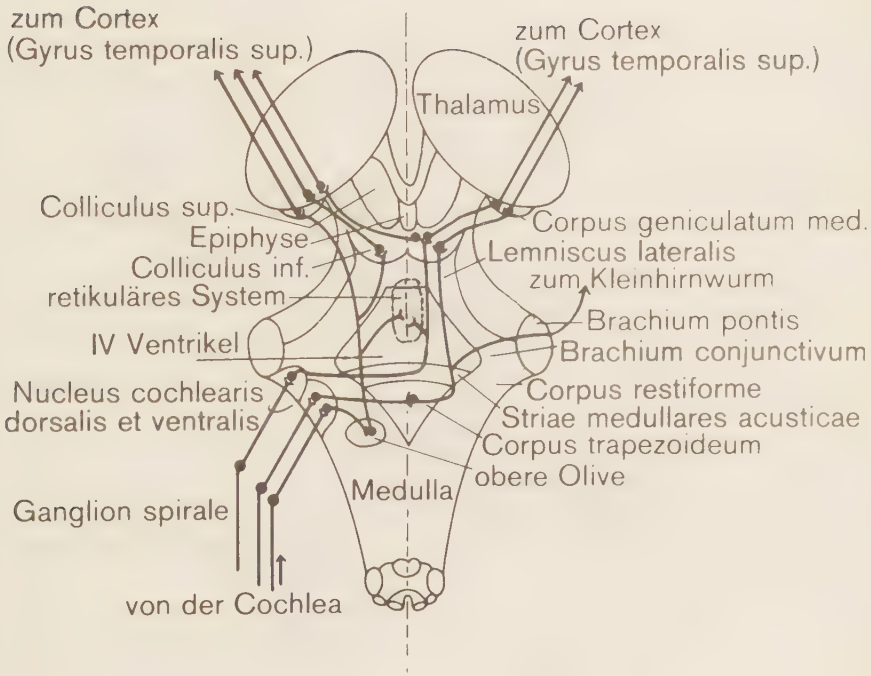


ABB. I Schema der zentralen Hörbahn des Menschen
(nach GANONG 1972)

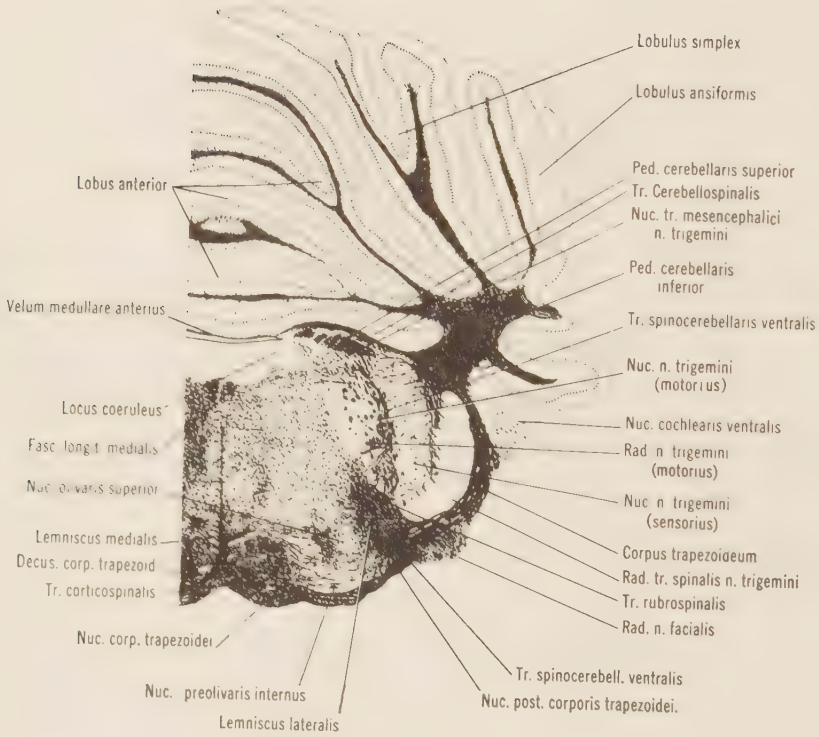


ABB. II Medulla oblongata, craniale Schnittebene (Ratte)
(nach ZEMAN und INNES 1963)

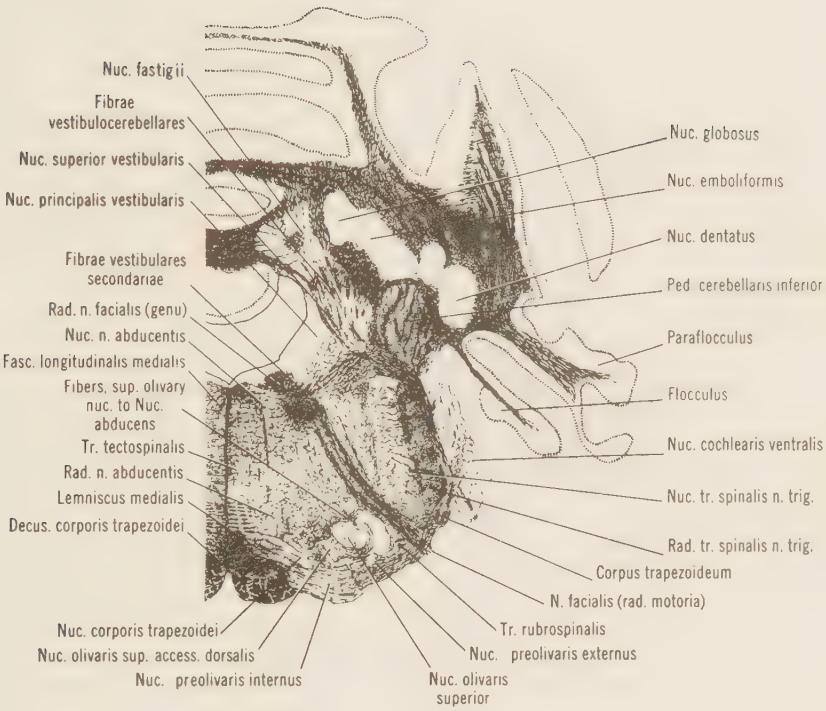


ABB. III Medulla oblongata, mediale Schnittebene (Ratte)
(nach ZEMAN und INNES 1963)

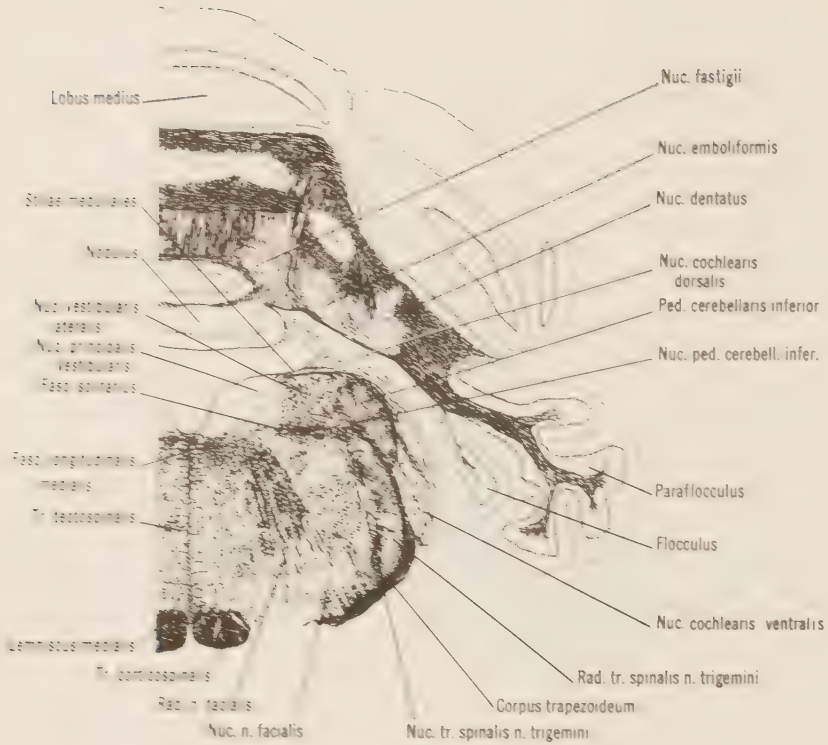


ABB. IV Medulla oblongata, caudale Schnittebene (Ratte) nach ZEMAN und INNES 1963)

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

BECK, CH. — Kernveränderungen der Haarzellen nach Beschallung Arch. Ohr-, Nas.- und Kehlk.-Heilkunde 167, 262-269 (1955)

BENNINGHOFF, A. — Funktionelle Kernschwellung und Kernschrumpfung. Anat. Nachr. 1, 50-52 (1950)

BLASER, G. — Über das Verhalten der Neuroglia nach Reintonbeschallung im Colliculus inferior (Meerschweinchen) Inaug.-Diss. Würzburg (1973)

BUCHER, O. — Cytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen Hans Huber Verlag, Bern-Stuttgart-Wien 7. Aufl. (1970)

BÜMMERSTEDE, D. — Beeinflussung der Kerngröße von Ganglienzellen in der Oliva superior durch Reintonbeschallung (Meerschweinchen) Inaug.-Diss. Würzburg (1973)

CLARA, A. — Untersuchungen an der menschlichen Leber. II. Teil. Über die Kerngrößen in den Leberzellen Z. mikr.-anat. Forsch. 22, 145-219 (1930)

ELBEN, G. Über die geschlechtsspezifischen Unterschiede der Neurogliazahl im medullären Akustikuskomplex (Meerschweinchen) Inaug.-Diss. Würzburg (1973)

FLEISCHHAUER, K. Postnatale Entwicklung der Neuroglia
Acta Neuropathol. Suppl.IV, 20-32 (1968)

FRIEDE, R. Über die trophische Funktion der Glia
Virchows Arch.Path.Anat.324, 15-26 (1953 b)
Die Bedeutung der Glia für den zentralen Kohlenstoffwechsel
Zbl.Allgem.Path.92, 65-74 (1954 a)

GANONG, W.E. Medizinische Physiologie
Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 2. Auflage 133-149 (1972)

GLEISS, H. Über die Beeinflussung der Korngröße von Ganglienzellen durch Reintonbeschallung im medullären Acusticuskomplex des Meerschweinchens.
Inaug.-Diss. med. Würzburg (1967)

HERTWIG, G. Der Einfluß der Fixierung auf das Kern- und Zellvolumen Zeitschr.f.mikr.-anat.Forsch. 23, 484 (1931)

JACOBJ, W. Volumetrische Untersuchungen an den Zellkernen des Menschen und das allgemeine Problem der Zellgröße Anat.Anz. 72, (Erg.-H.), 236-247 (1931)

KALLENBACH, G. Die Veränderung der NISSL-Substanz in den Ganglienzellen des medullären Acusticuskomplexes nach dosierter Reintonbeschallung (Meerschweinchen) Inaug.-Diss. med. Würzburg (1969)

KALLENBACH, H. Zur Frage der Frequenzanalyse im medullären Acusticuskomplex nach dosierter Reintonbeschallung (Meerschweinchen) Inaug.-Diss. med. Würzburg (1969)

KEIDEL, W.D. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1. Aufl. 411-413 (1967)

KLINKE, R. In GAUER-KRAMER-JUNG, Physiologie des Menschen Bd. 12 Urban u.Schwarzenberg Verlag, München Berlin-Wien 10-51 (1972)

KOLB, G.
Über das Verhalten der Neuroglia nach Reintonbeschallung im medullären Acusticuskomplex (Meerschweinchen)
Inaug.-Diss. Würzburg (1971)

KRBEK, F.
Histochem. und morpholog. Untersuchungen an Gliasatelliten im Rückenmark der weißen Maus.
Inaug.-Diss. med. Würzburg (1955)

KULENKAMPFF, H.
Das Verhalten der Neuroglia in den Vorderhörnern des Rückenmarks der weißen Maus unter dem Reiz physiologischer Tätigkeit
Z.Anat.u.Entwickl.Gesch. 116, 304-312 (1952)

KULENKAMPFF, H. u. WÜSTENFELD, E.
Funktionsbedingte Veränderungen der Kerngröße von Gliazellen im Grau des Rückenmarks der weißen Maus
Z.Anat.u.Entwickl.Gesch. 118, 97-101 (1954)

LUMSDEN, C.E. and POMERAT, C.M.
Normal oligodendrocytes in tissue culture
Exp.Cell Res. 2, 103-114 (1951)

MERKLE, U.
Eine Methode zur morphologischen Erfassung der Ansprechgebiete in der Cochlea des Meerschweinchens
Z.Anat.u.Entwickl.Gesch. 117. 504-519 (1954)

NEUBERT, K. Experimentelle Erfassung der Ansprechgebiete im Innenohr
Ber.Phys.-med. Ges.Würzburg 67, 92-100 (1954/55)

NIESSING, K. Über systemartige Zusammenhänge der Neuroglia im Großhirn und über ihre funktionelle Bedeutung
Morph.Jb. 78, 537-584 (1936)

NIESSING, K. Zellreaktionen der Makroglia bei Narkose
Z.mikr.anat.Forsch. 56, 173-189 (1950)

ROMEIS, B. Mikroskopische Technik
R.Oldenbourg Verlag München-Wien (1968)

SCHMIDT, R.F. Einführung in die Physiologie des Menschen
Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York 268-281 (1976)

WATZKA, M. Kurzlehrbuch der Histologie und mikroskopischen Anatomie des Menschen
F.K.Schattauer Verlag, Stuttgart-New York (1974)

WILHELM, E. Quantitative Untersuchung der Neuroglia in der Oliva superior des Meerschweinchens nach Reintonbeschallung
Inaug.-Diss. Würzburg (1973)

WÜNSCHER, W.
SCHOBER, W.
WERNER, L. Architektonischer Atlas vom Hirnstamm der Ratte
S. Hirzel Verlag, Leipzig (1965)

WÜSTENFELD, E. Experimentelle Beiträge zur Frage der Volumenveränderungen und Eindringdauer in der histologischen Technik
V. Mitteilung: Einfluß des Fixierungsbeginnes auf Gewebsvolumen und Eindringgeschwindigkeit
Z.wiss. Mikr. 63, 95-102 (1956)

VI. Mitteilung: Der Einfluß von Fixierungsmitteln, -beginn, Temperatur und Färbung auf die Korngröße
Z.wiss.Mikr. 63, 193-209 (1957)

WÜSTENFELD, E. Experimentelle Untersuchungen zum Problem der Schallanalyse im Innenohr
Z.mikr.anat.Forsch. 63, 365-379 (1957)

WÜSTENFELD, E. u. HALBFAS, E. — Über die Beeinflussung der Kerngröße im Ganglion spirale cochleae durch Reintonbeschallung Z.Zellforsch. 67, 271-278 (1965)

ZEIGER, K. — Diskussionsbeitrag zum Vortrag KULENKAMPFF, H.: Das Verhalten der Neuroglia unter dem Reiz physiolog. Tätigkeit Verh.Anat.Ges. 262-263 (1952)

ZEMAN, W. and INNES, J.R.M. — Craigie's Neuroanatomy of the Rat Academic Press, New York and London (1963)

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. med. Ewald Wüstenfeld für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung und Abfassung der Arbeit recht herzlich danken.

LEBENSLAUF

30. 8. 1949	in Greifswald/Pommern geboren
1956 - 1959	Besuch der Volksschule in Greifswald
1959	Übersiedlung von Greifswald nach Düren/Rhld.
1959 - 1960	Besuch der Volksschule Düren
1960 - 1969	Besuch des math.-naturwissenschaftlichen Gymnasiums in Düren
21. 6. 1969	Abitur
1969 - 1970	Ableistung des Bundeswehrgrunddienstes
1970 - 1971	Studium der Chemie an der Universität in Bonn
1971 - 1977	Studium der Zahnmedizin an der Freien Universität Berlin
27. 9. 1972	Vorphysikum
1. 4. 1974	Physikum
2. 2. 1977	Staatsexamen